

#2

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of:

DOO HEE CHO, ET AL.

For: **METHOD OF MANUFACTURING A PLANAR  
WAVEGUIDE USING ION EXCHANGE  
METHOD**

Jc971 U.S. PTO  
10/033126  
12/26/01

Honorable Commissioner of  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

Request for Priority

Sir:

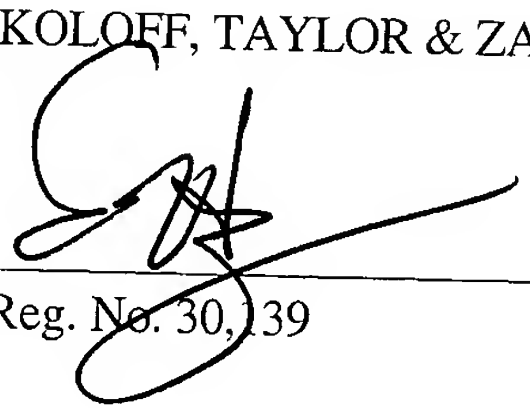
Applicant respectfully requests a convention priority for the above-captioned application, namely Korean application number 2001-47186 filed August 6, 2001.

☒ A certified copy of the document is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

BLAKELY, SOKOLOFF, TAYLOR & ZAFMAN

Dated: 12/26/01

  
Eric S. Hyman, Reg. No. 30,139

12400 Wilshire Blvd., 7th Floor  
Los Angeles, California 90025  
Telephone: (310) 207-3800

# 대한민국 특허청

## KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

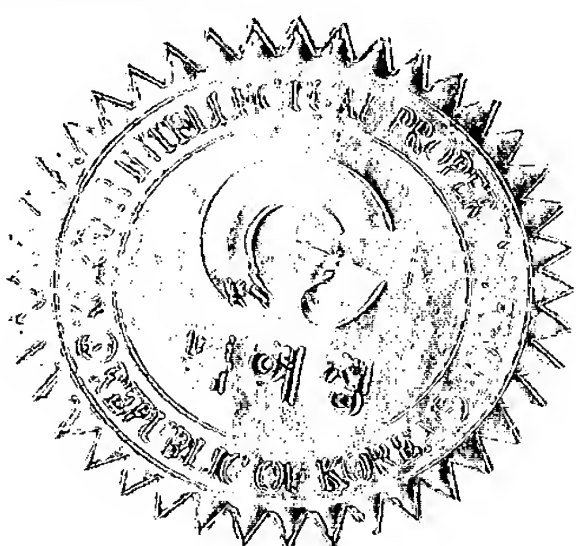
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원 번호 : 특허출원 2001년 제 47186 호  
Application Number PATENT-2001-0047186

출원 년 월 일 : 2001년 08월 06일  
Date of Application AUG 06, 2001

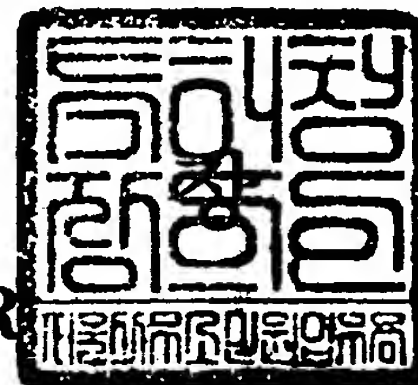
출원인 : 한국전자통신연구원  
Applicant(s) KOREA ELECTRONICS & TELECOMMUNICATIONS RESEARCH INST



2001 년 11 월 22 일

특 허 청

COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0002
【제출일자】	2001.08.06
【발명의 명칭】	이온 교환법을 이용한 평면형 광도파로 제조 방법
【발명의 영문명칭】	Method for manufacturing a planar type waveguide using an ion exchange method
【출원인】	
【명칭】	한국전자통신연구원
【출원인코드】	3-1998-007763-8
【대리인】	
【성명】	신영무
【대리인코드】	9-1998-000265-6
【포괄위임등록번호】	2001-032061-5
【발명자】	
【성명의 국문표기】	조두희
【성명의 영문표기】	CHO, Doo Hee
【주민등록번호】	640707-1067325
【우편번호】	305-721
【주소】	대전광역시 유성구 신성동 럭키하나아파트 103동 1505호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	안준태
【성명의 영문표기】	AHN, Joon Tae
【주민등록번호】	640525-1548610
【우편번호】	301-152
【주소】	대전광역시 중구 태평2동 삼부아파트 21/96
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	전민용
【성명의 영문표기】	JEON, Min Yong

【주민등록번호】	670209-1452411
【우편번호】	306-040
【주소】	대전광역시 대덕구 비래동 동지아파트 103/201
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	김경헌
【성명의 영문표기】	KIM,Kyong Hon
【주민등록번호】	560927-1673615
【우편번호】	305-806
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 99번지 한빛아파트 128동 1201호
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인 신영무 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	0 면 0 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	14 항 557,000 원
【합계】	586,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	293,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

## 【요약서】

## 【요약】

본 발명은 이온 교환법을 이용한 평면형 광도파로 제조 방법에 관한 것으로, 이온 교환법으로 유리 기판 표층부의 굴절률을 조절한 후, 사진 (photolithography) 및 식각(etch) 공정으로 표층부를 패터닝하여 광도파로를 형성하고 유리 기판과 동일하거나 낮은 굴절률을 갖는 물질을 코팅하여 클래딩층을 형성함으로써 치수 제어 및 재현성이 뛰어나고 일정한 깊이와 계단형의 벽면을 갖는 평면형 광도파로가 제조된다.

## 【대표도】

도 1

## 【색인어】

광 도파로, 이온 교환법, 유리, 굴절률, 활성 이온 식각법

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

이온 교환법을 이용한 평면형 광도파로 제조 방법{Method for manufacturing a planar type waveguide using an ion exchange method}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1a 내지 도 1e는 본 발명의 일 실시예에 따른 광도파로 제조 방법을 설명하기 위한 소자의 단면도.

## &lt;도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명&gt;

10 : 유리 기판

11 : 표층부

12 : 광도파로

13 : 클래딩층

20 : 혼합 용액

30 : 포토레지스트 패턴

100 : 용기

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <7>        본 발명은 이온 교환법을 이용한 평면형 광도파로 제조 방법에 관한 것으로, 특히, 치수 제어 및 재현성이 뛰어나고 일정한 깊이와 계단형의 벽면을 갖는 유리 기판에 형성되는 평면형 광도파로 제조 방법에 관한 것이다.
- <8>        21세기에 들어서면서 정보 통신 기술이 고도로 발달됨에 따라 대용량의 정보 기록 및 정보처리와 광통신의 초고속화를 실현하기 위해 광전자 기술이 도입되고 있다. 광전자를 이용한 광통신은 전자통신에 비해 정보의 전송속도가 훨씬 빠르기 때문에 정보처리의 초고속화를 구현할 수 있으며, 따라서 그 이용도가 계속 증가하고 있는 추세이다. 최근에는 파장다중분할(Wavelength Division Multiplexing; WDM) 방식의 광통신 시스템이 사용되면서 WDM 광통신 시스템에 사용되는 광소자들의 수요도 현저히 증가하고 있는데, 이를 위해 광통신 기술의 연구 개발이 절실히 요구된다.
- <9>        광통신을 위한 광신호의 전송 경로로는 대개 광섬유가 사용된다. 그러나 다분기 광커플러, 파장다중분할소자 등과 같이 다수의 채널을 갖는 고기능성의 소자를 광섬유로 제작하기에는 기술적인 한계가 있기 때문에 평면 광 집적회로(Planar Lightwave Circuit: PLC) 기법을 이용하여 광신호의 전송 경로를 평면 기판 상에 구현하여 집적화하는 방법이 사용된다. 평면 광 집적회로 기법을 이용

한 평판형 광소자는 유리, 반도체, 실리카 유리(amorphous silica; 석영유리), 폴리머 등과 같은 다양한 소재로 제조될 수 있다. 실리카 유리는 광섬유와 유사한 재질로 구성되어 전송 손실 및 광섬유와의 접속 손실이 낮으며, 반도체 제조 공정과 유사한 공정을 통해 제작할 수 있기 때문에 평판형 광소자의 재료로 널리 사용되고 있다. 실리카 유리를 재료로 이용한 평판형 광도파로의 제조에는 화염 가수분해 증착법(Flame Hydrolysis Deposition; FHD)-활성 이온 식각법(Reactive Ion Etching; RIE)이 널리 사용되고 있다. 화염 가수분해 증착법-활성 이온 식각법을 이용한 실리카 유리 평면형 광도파로는 제품의 치수 정밀도가 높고 예리한 계단 모양의 도파로 벽면을 얻을 수 있으나, 높은 고온에서 공정이 이루어지기 때문에 공정 인자를 제어하기가 매우 어렵고, 표면 클래딩층을 쌓을 때 식각해 놓은 도파로 코어 부분이 고온 화염에 의해 변형되는 등 품질 관리가 어려워 가격이 높아진다.

<10> 이와 같이 실리카 유리에서 화염 가수분해 증착법-활성 이온 식각법을 이용하는 경우 발생하는 문제로 인해 최근에는 규산염 유리를 유리기판으로 하여 제조 공정이 간단하면서 재현성이 높은 이온 교환법을 이용한 평면형 광도파로를 제조 방법이 개발되었다.

<11> 1990년 4월 3일자로 등록된 미국특허 제4913717호[Method for fabricating buried waveguides], 1991년 7월 31일자로 등록된 미국특허 제5035734호[Method of producing optical waveguides], 1992년 11월 3일자로 등록된 미국특허 제5160360호[Process for producing low-loss embedded waveguide]와, 1991년 T. Poszner, G. Schreiter, R. Muller에 의해 게재지 'J. Appl. Phys'의 1966 내지



1974 페이지에 게재된 기술[Strip waveguides with matched refractive index profiles fabricated by ion exchange in glass], 1993년 B. Pantchev, P. Danesh, Z. Nikolov에 의해 게재지 'Appl. Phys. Lett'의 1212 내지 1214 페이지에 게재된 기술[Field-assisted ion exchange in glass: the effect of masking film], 1998년 B. Buchold, C. Glingener, D. Culemann, E. Voges에 의해 게재지 'Fiber and integrated optics'의 279 내지 298 페이지에 게재된 기술[Polarization insensitive ion-exchanged arrayed-waveguide grating multiplexers in glass]은 이온 교환법을 이용하여 평면형 광도파로를 제조하는 여러 가지의 예를 보인다.

- <12>       상기 선행 특허 및 논문들에 의해 제시되는 이온 교환법을 이용한 평면형 광도파로의 제조 방법을 요약하면 다음과 같다.
- <13>       마스크로 불리는 유리 표면에 증착된 금속 박막 사이에 형성된 틈으로 기판 유리 내의 특정 이온(주로  $\text{Na}^+$ )과 표면에 접촉한 특정 이온(주로  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Rb}^+$ ,  $\text{Tl}^+$ )을 포함하는 저융점 염 용융액 사이에 이온 교환이 일어나도록 하고, 이러한 원리에 의해 기판 유리의 일부분에만 굴절률을 높은 광도파로가 형성 되도록 한다.
- <14>       그러나, 이러한 이온 교환법은 기본적으로  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ag}^+$  등과 같은 특정 이온의 확산을 이용하기 때문에 도파로의 정확한 치수 제어 및 코어/클래딩 사이의 예리한 굴절률 차를 형성하기 어려운 단점을 갖는다. 즉, 규산염 유리의 경우 유리 구조의 망목을 형성하는  $\text{Si}^{4+}$  이온과 산소 이온의 골격 구조는 강한 공유 결합성을 가지나,  $\text{Na}^+$  등의 수식 이온은 산소 이온 사이의 공극에 존재하고 비교

적 산소와의 결합 강도가 약하다. 따라서, 고온으로 가열될 경우 이온 반경이 작은  $\text{Na}^+$  이온의 일부가 용융염과의 접촉 표면을 통해 외부로 확산되는 대신 용융염 속의  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ag}^+$  이온 등이 유리 내부로 확산되어 이온 교환이 이루어지는데, 이온 교환의 기초가 되는 열적 확산은 방향성이 없고 농도의 기울기에 의해 구동력이 결정되므로 교환되는 이온의 농도 분포는 구형으로 교환 중심점에서 멀어질수록 농도가 낮아지는 기울기를 갖게 된다. 이로 인해, 일반 가열에 의한 이온 교환법으로는 코어와 클래딩 사이의 굴절률 차이와 벽면이 예리하고 치수가 정확한 광도파로를 형성하기는 매우 어렵다.

<15> 한편, 전기장 인가 이온 교환법을 이용하면 이온들이 주로 전기장이 걸린 방향 즉, 음극 쪽으로 이동하므로 도파로 치수 제어가 유리하며, 열적 확산에 의해 표면에 형성된 반달 형태의 이온 교환층을 유리 속으로 끌어 내릴 수 있는 장점을 얻을 수 있지만, 유리의 경우 저온에서 이온의 이동도가 너무 낮아 원하는 광도파로를 형성하기 위해서는 300 내지 400℃의 고온으로 가열해야 하기 때문에 전기장과 수직한 방향으로의 확산이 완전히 차단되지 않아 완벽한 치수 제어가 어렵고, 굴절률 구배를 피할 수 없다. 또한, 동일한 온도 및 전기장에서 초기 이온 교환층의 폭과 농도에 따라 확산 거리 및 농도 구배가 달라지므로 AWG(Arrayed Waveguide Grating) 등의 복잡한 형상을 지닌 광도파로는 제작하기 어렵다.

<16> 다시 말하면, 종래의 이온 교환법을 이용한 광도파로 제작은 화염 가수분해 증착법-활성 이온 식각법을 이용하는 경우보다 비교적 저온에서 공정이 간단히 이루어짐과 아울러 규산염 유리를 기판으로 사용함에 따라 제작 비용과 시간이

적게 들어 실리카 유리 평면형 도파로에 비해 안정되며 내구성이 좋은 저가의 광도파로를 대량으로 생산 할 수 있다는 장점을 갖는다. 그러나, 종래의 이온 교환법을 이용하면 마스크의 금속 박막과 용융염의 반응에 의해 금속 박막의 침식이 일어나고, 마스크와 금속 박막이 부분 탈락되어 패터닝의 치수가 변할 위험성이 있으며, 충분한 깊이의 광도파로를 형성하기 위해 많은 시간이 소요된다. 또한, 가열 상태에서 이온 교환이 이루어짐에 따라 열확산에 의해 이온 교환층이 둥글게 형성되기 때문에 도파로의 벽면을 예리한 굴절을 차를 갖는 계단 모양으로 형성하기가 어렵고, 복잡한 형상의 광도파로를 제작할 경우 패턴 폭의 차이에 따라 교환되는 이온의 농도와 침투 깊이가 달라지기 때문에 이온 농도와 침투 깊이를 제어하기가 매우 어렵다.

<17> 그래서 최근에는 도파로 마스크를 그물 형태로 제작하여 이온 교환량과 깊이를 제어하려는 노력이 진행되고 있으나, 일반적인 광도파로에서 요구하는 만큼 정밀하고 재현성 있는 치수 제어가 어려울 것으로 생각된다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<18> 따라서 본 발명은 상기의 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로, 이온 교환법과 사진 공정을 이용한 활성 이온 식각법을 함께 적용하여 안정되고 저렴하면서 광도파로 치수 제어 및 재현성이 뛰어나고, 패턴 폭에 관계없이 일정한 깊이와 예리한 계단형의 벽면을 갖는 평면형 광도파로를 제조하는 데 그 목적이 있다.

<19>       상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 유리 기판 표층부의 굴절율을 이온 교환법을 이용하여 유리 기판의 굴절율보다 높게 만드는 단계와, 유리 기판의 표층부를 패터닝하여 광도파로를 형성하는 단계와, 광도파로를 포함하는 전체 구조 상부에 클래딩층을 형성하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 한다.

<20>       상기 유리 기판 표층부의 굴절율은 이온 교환 공정에 의해 증가되며, 상기 이온 교환 공정은 유리 기판을 일정 시간동안 용융염 혼합 용액에 담가 이온 교환에 의해 유리 기판 표층부의 굴절율이 증가되도록 하는 단계와, 혼합 용액으로부터 유리 기판을 꺼낸 후 세척하는 단계로 이루어지는 것을 특징으로 한다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<21>       이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명하기로 한다.

<22>       도 1a 내지 도 1e는 본 발명의 일 실시예에 따른 유리 평면 광도파로의 제조 공정을 단계별로 설명하기 위해 도시한 단면도이다.

<23>       도 1a는 굴절률이 1.45 내지 1.60인 유리 기판(10)의 표면에 상기 유리 기판(10)보다 굴절률이 높은 표층부(11)를 형성한 상태를 도시하는데, 상기 표층부(11)는 소정 온도의 용융염 혼합 용액(20)이 담긴 용기(100)에 상기 유리 기판(10)을 소정 시간동안 담가 원하는 깊이 만큼의 이온 교환이 이루어지도록 하므로써 형성된다.

<24>       상기 유리 기판(10)으로는 이온 교환 특성이 우수한 규산염 유리, 알루미늄 규산염 유리 또는 붕 규산염 유리가 사용된다. 상기 혼합 용액(20)으로는  $K^+$ ,

$\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Rb}^+$  및  $\text{Tl}^+$ 이온이 함유된 질산염, 황산염 및 염소산염 중 어느 하나가 독립적으로 사용되거나, 상기 이온의 질산염, 황산염 및 염소산염과  $\text{Na}^+$  이온이 함유된 질산염, 황산염 및 염소산염이 소정 비율로 혼합된 혼합물이 사용된다. 상기 이온 교환법으로는 열적 이온 교환법 또는 전기장 인가 이온 교환법이 적용된다.

<25>      상기 유리 기판 표층부(11)를 열적 이온 교환법을 이용하여 형성할 경우, 그 형성 방법을 설명하면, 이온 교환하고자 하는 이온, 즉  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Rb}^+$  및  $\text{Tl}^+$ 이 포함된 용점  $500^\circ\text{C}$  이하의 염(즉, 질산염, 황산염 및 염소산염) 용액에 상기 유리 기판(10)을 담그고  $200$  내지  $500^\circ\text{C}$  사이의 적절한 온도로  $10$  내지  $120$ 분동안 열처리한다. 이때, 용액은 일반적으로  $\text{Na}^+$ 이 포함된 염과 이온 교환하고자 하는 이온이 포함된 염을 적절한 비율로 혼합하여 사용한다. 상기 유리 기판(10)의 알칼리 이온(즉,  $\text{Na}^+$ )이 교환 이온과 열확산에 의해 교환되어 유리 기판 표층부(11)의 굴절률이 증가하게 되는데, 상기 유리 기판 표층부(11)의 깊이와 굴절률 증가량을 조절하기 위해서는 용액으로 사용할 염의 종류 및 교환 이온의 농도, 열처리 온도 및 시간을 조절하여야 한다.

<26>      또한, 상기 유리 기판 표층부(11)를 전기장 인가 이온 교환법을 이용하여 형성할 경우, 그 형성 방법을 설명하면, 이온 교환하고자 하는 유리 기판(10)의 배면에 전극을 증착하고 유리 기판 표층부(11)가 형성될 표면에 용융염을 접촉시킨다. 이어서, 상기 용융염 내에 전극을 삽입한 후 전기장을 인가하여 이온 교환이 이루어지도록 한다. 이때, 용융염, 열처리 온도 및 시간 등의 공정 인자는 상기한 열 이온 교환법과 유사하며, 전기장은  $10$  내지  $200 \text{ V/mm}$ 의 세기로

인가된다. 상기 전기장은 유리 기판 표층부(11)로 양극이 인가되고, 배면으로 음극이 인가되도록 하여 한 방향으로 교환 이온이 확산되도록 하므로써 이온 교환 시 열처리 온도 및 시간을 감소시킬 수 있다.

<27> 도 1b를 참조하면, 상기 유리 기판(10)을 상기 용기(100)로부터 꺼낸 후 일반적인 세정 공정을 진행하여 상기 유리 기판 표층부(11)를 세척한다. 이어서, 전체 구조 상부에 포토레지스트(photoresist)를 도포한 후 소정의 마스크를 이용한 노광공정을 진행하여 상기 유리 기판 표층부(11) 중 도파로가 형성되지 않을 부분이 노출되도록 상기 포토레지스트를 패터닝하는데, 이때, 도파로가 형성될 부위에는 포토레지스트 패턴(photoresist pattern; 30)이 잔류된다.

<28> 도 1c를 참조하면, 상기 포토레지스트 패턴(30)을 마스크로 하고 활성 이온 식각법 등과 같은 건식 식각 또는 희석된 불산 등을 이용한 습식식각으로 노출된 부분의 상기 유리 기판 표층부(11)를 식각함으로써 상기 포토레지스트 패턴(30)이 잔류된 부분에만 상기 표층부(11)로 이루어진 광도파로(12)가 형성된다. 여기서, 광도파로(12)의 벽면을 예리한 형태로 만들기 위해 건식식각을 이용하는 것이 바람직하다. 건식식각을 이용할 경우 이온 교환 깊이는 활성 이온을 형성하는 가스의 종류, 고주파의 세기, 인가 전압의 세기 및 시간 등의 인자를 제어하여 상기 유리 기판 표층부(11)와 유리 기판(10)의 경계면까지 식각되도록 한다.

<29> 도 1d를 참조하면, 일반적인 스트립(strip)공정을 진행하여 상기 포토레지스트 패턴(30)을 제거한 후 연속적으로 세정공정을 진행하여 광도파로(12)를 포함한 전체 구조 상부를 세척한다. 이때, 세척공정은 유기 용제에서 이루어지도록 한다.

- <30> 도 1e를 참조하면, 전체 구조 상부에 상기 유리 기판(10)과 동일하거나 낮은 굴절률을 갖는 물질을 도포하여 클래딩층(13)을 형성한다. 상기 클래딩층(13)은 폴리머, 저융점 유리 또는 산화물을 상기 광도파로(12)를 포함한 전체 구조 상부에 코팅한 후 경화시키므로써 형성된다.
- <31> 상기 폴리머 재료는 조성비에 따라 굴절률이 1.45 내지 1.60 범위에서 쉽게 조절될 수 있는 폴리 실록산(poly siloxane)계, 폴리 아크릴레이트(poly acrylate)계, 폴리 에테르(poly ether)계, 폴리 에스터(poly ester)계, 폴리 이미드(poly imide)계 등의 수지 및 이것들의 복합체를 사용한다. 상기 폴리머 재료는 비교적 안정하고 내구성도 좋으며 적당한 기계적 강도를 가지고 있어 클래딩용 코팅 재료로 적합하다.
- <32> 상기 폴리머 코팅 방법으로는 스핀(spin) 코팅 방법이 사용되고, 여기서, 유리 기판(10)과의 접촉성을 향상시키기 위해 클래딩층(13) 형성 전에 프라이머를 유리 기판(10)에 먼저 코팅할 수도 있으며, 클래딩층(13)을 형성한 후 상부에 보호층을 코팅하여 상기 클래딩 층(13)을 보호할 수 있다. 또한, 클래딩층(13)으로 사용되는 폴리머로는 열경화성 수지 및 자외선 경화성 수지를 모두 사용할 수 있으며, 스핀 코팅 후에 일정 온도에서 가열하거나 자외선을 조사하여 경화되도록 한다.
- <33> 상기 클래딩층(13)으로 폴리머 재료를 사용할 경우, 상온에서 클래딩층(13)을 코팅한 후 광도파로(12) 매립 공정을 실시함으로써 상기 광도파로(12) 형상의 변화 가능성이 극히 적어지며 열 팽창 차이에 의한 내부 응력 발생도 매우 작게 되어 최종적으로 특성이 우수한 광도파로가 형성될 수 있다.

- <34>      상기와 같이, 본 발명의 이온 교환법을 이용한 유리 평면형 광도파로 제조 방법은 종래의 이온 교환법을 이용한 광도파로 제조 방법의 장점을 최대한 유지 하면서, 종래의 이온 교환법을 이용한 광도파로 제조 방법이 갖는 단점을 최소화 시킨다.
- <35>      이를 상세히 하면, 첫째, 본 발명은 종래의 이온 교환법에 의한 평면형 광 도파로 제조 방법을 이용하는 경우와 동일하게 저가의 제조 비용이 소요되고, 대 량 생산이 가능하도록 하며, 조성비에 따라 쉽게 변화되는 굴절률을 갖는 저가의 규산염 유리를 이용한다.
- <36>      둘째, 본 발명에서는 혼합 용액에 함유된  $K^+$ ,  $Ag^+$ ,  $Cs^+$ ,  $Li^+$ ,  $Rb^+$  및  $Tl^+$  등의 이온이 유리 내의  $Na^+$  이온과 충분한 이온 교환이 이루어지도록 하기 위해 이온 교환성이 우수하면서 굴절률이 약 1.45 내지 1.60인 붕 규산염 유리 및 알 루미노 규산염 유리 등을 기판으로 이용한다.
- <37>      세째, 본 발명에서는 굴절률이 1.45 내지 1.60인 유리를 이용함으로써 원하 는 굴절률을 선택할 수 있으며, 이에 따라 동일한 범위의 굴절율을 갖는 일반적 인 수동형 광도파로의 폴리머 재료인 폴리 실록산(poly siloxane)계, 폴리 아크 릴레이트(poly acrylate)계, 폴리 에테르(poly ether)계, 폴리 에스터(poly ester)계, 폴리 이미드(poly imide)계 등의 수지를 표면 클래딩층으로 사용할 수 있어 경제적인 뿐만 아니라, 이미 개발된 스핀 코팅 방법 등으로 간단하고 정밀 하게 표면 클래딩층을 형성할 수 있다.



- <38> 네째, 종래의 이온 교환법을 이용한 광도파로 제조 방법에서 굴절률을 높이기 위한 이온 교환 공정을 진행하기 전에 유리 기판의 표면에 금속 박막의 마스크를 형성하기 위한 패터닝 공정을 진행하는 것과 달리 본 발명은 상기와 같은 금속 박막의 마스크를 형성하기 위한 공정 없이 유리 기판에 이온 교환 공정을 진행하여 유리 기판의 표면에 균일한 두께로 표층부를 형성함으로써 증착된 금속 박막을 제거하고 세척하는 공정이 생략되고, 금속 박막이 이온 용융염에 침식됨에 따라 광도파로의 치수가 변하거나 금속 박막이 탈락되어 발생할 수 있는 문제가 방지된다.
- <39> 다섯째, 종래의 이온 교환법에 의한 광도파로 제작 방법은 도파로 폭과 깊이 등의 치수 제어 및 예리한 도파로 벽면 형성이 매우 어려웠으나, 본 발명의 방법은 도파로 폭 등의 치수 제어가 활성 이온 식각에 의해 이루어지므로 일반적인 반도체 집적회로 공정의 정밀도( $0.2\ \mu\text{m}$  이하) 만큼 치수를 제어할 수 있다. 또한, 활성 이온 식각에 의해 코어의 벽면이 형성되고 클래딩 물질이 저온에서 코팅되므로 수직 벽면을 쉽게 유지할 수 있다. 따라서 코어/클래딩의 경계가 예리해지며 종래의 이온 교환법으로 제작된 광도파로에서 예리하고 깨끗하지 못한 코어/클래딩 경계면으로 인한 광도파 손실이 감소된다.
- <40> 여섯째, 본 발명은 화염 가수분해 증착법 등의 고온 공정을 배제시키므로써 비용이 감소되고 공정 제어가 용이해지도록 한다.

**【발명의 효과】**

- <41> 상술한 바와 같이 본 발명은 이온 교환법으로 굴절률이 1.45 내지 1.60인 유리 기판 표층부의 굴절률을 증가시킨 후 사진 및 식각공정으로 표층부를 패터닝하여 광도파로를 형성하고 유리 기판과 굴절률이 동일하거나 낮은 물질을 이용하여 클래딩층을 형성한다. 따라서 치수 제어 및 재현성이 뛰어나고, 패턴 폭에 관계없이 일정한 깊이와 예리한 계단형의 벽면을 갖는 평면형 광도파로를 형성할 수 있다.
- <42> 또한, 본 발명을 광분배기, 광결합기, AWG(Arrayed Waveguide Grating) 등의 수동형 광소자 및 평면 광 집적회로(PLC)의 제조에 적용하는 경우 광손실 및 채널 간 누화(crosstalk)가 작고 광특성이 우수하면서 가격이 저렴한 광소자를 대량 생산할 수 있다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

유리 기판 표층부의 굴절율을 이온 교환 방법으로 상기 유리 기판의 굴절율보다 높게 만드는 단계;

상기 유리 기판의 표층부를 패터닝하여 광도파로를 형성하는 단계; 및

상기 광도파로를 포함하는 전체 구조 상부에 클래딩층을 형성하는 단계를 포함하여 이루어진 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서,

상기 유리 기판의 굴절률은 1.45 내지 1.60인 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

【청구항 3】

제 1 항에 있어서,

상기 유리 기판은 규산염 유리, 알루미노 규산염 유리 및 붕 규산염 유리 중 어느 하나로 이루어진 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서,

상기 이온 교환 공정은 상기 유리 기판을 일정 시간동안 용융염 혼합 용액에 담가 이온 교환하는 열적 이온 교환법 및 상기 유리 기판을 용융염 혼합 용액에 담그고 전기장을 인가하여 이온 교환하는 전기장 인가 이온 교환법 중 어느 하나의 방법으로 진행되는 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

【청구항 5】

제 4 항에 있어서,

상기 혼합 용액은  $K^+$ ,  $Ag^+$ ,  $Cs^+$ ,  $Li^+$ ,  $Rb^+$  및  $Tl^+$ 이온이 함유된 질산염, 황산염 및 염소산염 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

【청구항 6】

제 4 항에 있어서,

상기 혼합 용액은  $K^+$ ,  $Ag^+$ ,  $Cs^+$ ,  $Li^+$ ,  $Rb^+$  및  $Tl^+$ 이온이 함유된 질산염, 황산염 및 염소산염이 소정 비율로 혼합된 혼합물인 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

【청구항 7】

제 4 항에 있어서,

상기 혼합 용액은  $\text{Na}^+$  이온이 함유된 질산염, 황산염 및 염소산염과  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Rb}^+$  및  $\text{Tl}^+$ 이온이 함유된 질산염, 황산염 및 염소산염이 소정 비율로 혼합된 혼합물인 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

**【청구항 8】**

제 4 항에 있어서,

상기 전기장 인가 이온 교환법은 상기 유리 기판의 배면에 전극을 증착하여 음극으로 하고, 상기 유리 기판의 전면에 용융염을 접촉한 상태에서 상기 용융염 내에 양전극을 삽입하고 10 내지 200V/mm의 전기장을 인가하여 이온 교환이 일어나도록 하는 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

**【청구항 9】**

제 1 항에 있어서,

상기 이온 교환 공정은 200 내지 500℃의 온도에서 10 내지 120분동안 실시되는 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

**【청구항 10】**

제 1 항에 있어서,

상기 패터닝을 위한 식각공정은 활성 이온 식각법을 이용한 건식식각 및 회석된 불산을 이용한 습식식각 중 어느 하나의 방법으로 실시되는 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

**【청구항 11】**

제 1 항에 있어서,

상기 클래딩층은 상기 유리 기판과 동일하거나 낮은 굴절률을 갖는 폴리머, 저융점 유리 및 산화물 중 어느 하나의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

**【청구항 12】**

제 11 항에 있어서,

상기 폴리머는 폴리 실록산계, 폴리 아크릴레이트계, 폴리 에테르계, 폴리 에스터계, 폴리 이미드계의 수지 및 이들의 복합체 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

**【청구항 13】**

제 11 항에 있어서,

상기 폴리머는 열경화성 수지 및 자외선 경화성 수지 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

【청구항 14】

제 1 항에 있어서,

상기 클래딩층은 스핀 코팅 방법으로 코팅된 후 경화공정을 거쳐 형성되는 것을 특징으로 하는 평면형 광도파로 제조 방법.

【도면】

【도 1】

